

STANISŁAW ORZEŁ, MARCIN MARUSZEWSKI

Intensywność przyrostu miąższości świerka z Beskidów Zachodnich

The rate of volume growth in the Beskid Zachodni spruce

ABSTRACT

Orzeł S., Maruszewski M. 2007. Intensywność przyrostu miąższości świerka z Beskidów Zachodnich. Sylwan 1: 41-50.

The research material including the results of a full analysis of 171 spruce stems, selected from among 57 stands growing at altitudes of 600-1,200 m a.s.l. indicated a significant impact of the position of a stand above sea level on volume growth rate and age of its culmination. Of the three properties dbh, height and basal area growth explain the greatest range of variability of growth rate (from 75% to 91.1%). Equations developed on the basis of the above mentioned properties allow determining the values for growth rates with the mean error of 7.17-13.97%.

KEY WORDS

spruce, volume growth rate, position of trees above sea level, correlation coefficient

ADDRESSES

Stanisław Orzeł – Katedra Dendrometrii; Wydział Leśny; Akademia Rolnicza;
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

Marcin Maruszewski – Katedra Dendrometrii; Wydział Leśny; Akademia Rolnicza;
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

Wstęp

Pojęcie intensywności przyrostu miąższości, zdefiniowane jako iloraz bieżącego okresowego przyrostu miąższości strzały bez kory (ε_v) i powierzchni przekroju pierścicowego w korze w końcu okresu (G_k):

$$i = \frac{\varepsilon_v}{G_k} \quad [1]$$

zostało wprowadzone do nauk leśnych przez Borowskiego [1954].

W tak określonej wartości intensywności przyrostu zawarta jest informacja o liczbie metrów sześciennych przyrostu miąższości odłożonego przez drzewo w rozpatrywanym okresie, przypadającej na jeden metr kwadratowy jego powierzchni pierścicowego przekroju. Z uwagi na zależność pomiędzy pierścicowym przekrojem drzewa i zajmowaną przez nie powierzchnią, intensywność przyrostu miąższości może być uznana za przybliżoną miarę wykorzystania przez drzewo zajmowanej przestrzeni wzrostu [Borowski 1974].

Wyniki szczegółowych badań nad zmiennością i związkiem intensywności przyrostu miąższości z różnymi cechami dendrometrycznymi drzew stanowiły podstawę opracowania metody określania przyrostu miąższości, opartej na drzewach próbnych [Borowski 1954], tablic przyrostu miąższości dla drzewostanów sosnowych opracowanych w formie tradycyjnej [Borowski 1971], jak i wielowariantowych tablic przyrostu miąższości dla drzewostanów sosnowych opracowanych w formie elektronicznej [Dudek 1994]. Przyrost miąższości określony

opracowanymi przez Borowskiego tablicami [Borowski 1971] obarczony jest błędem systematycznym i wymaga skorygowania [Borowski, Rekosz 1974; Bruchwald, Michalak 1984], zaś metoda oparta na drzewach próbnych [Borowski 1954] „jest jedną z najdokładniejszych metod określania przyrostu miąższości” [Bruchwald 1999].

Szersze badania nad intensywnością przyrostu miąższości prowadzono jedynie w drzewostanach sosnowych [Borowski 1954, 1961a, b, 1971; Dudek 1969, 1994, 2000; Lemke 1974, 1984]. W odniesieniu do innych gatunków drzew nie podejmowano dotąd takich analiz lub są one bardzo skromne. Za takie należy uznać badania nad zmiennością i zależnością intensywności przyrostu miąższości od różnych cech drzewa przeprowadzone w jednym drzewostanie świerkowym w Nadleśnictwie Węgierska Górka [Dudzińska, Wirowski 1995], czy też informacje na temat zmiany wielkości tej cechy z wiekiem drzew zajmujących różne stanowiska biosocjalne w drzewostanach świerkowych [Borowskiego 1974].

Świerk jest ważnym gatunkiem lasotwórczym, zwłaszcza w terenach górskich. W Beskidach Zachodnich jeszcze obecnie tworzy lite drzewostany, wykazujące dużą produktywność [Orzeł, Forgiel 2004; Orzeł i in. 1999]. Zasobność i przyrost górskich drzewostanów w istotnym stopniu zależy od wysokości ich położenia nad poziomem morza [Grabczyński 1998; Ochał 2000; Orzeł 1993; Orzeł i in. 1999; Socha 1998]. Nie można także wykluczyć modyfikującego wpływu położenia drzewostanu na dynamikę przyrostu rosnących w nim drzew, opisaną intensywnością przyrostu ich miąższości.

Celem badań jest określenie wielkości i zmian z wiekiem intensywności przyrostu miąższości świerka w zależności od wysokości położenia drzewostanów nad poziomem morza. Określono także jej związek z wybranymi cechami analizowanych drzew.

Metodyka i materiał

Badania oparto na materiale jaki stanowiły wyniki pełnej analizy strzał 171 świerków rosnących na wysokości około: 600, 800, 1000 i 1200 m n.p.m. Analizowane drzewa pochodziły z 57 drzewostanów (głównie III i IV klas wieku) z nadleśnictw: Jeleśnia, Ujsoły, Ustroń, Wisła i Węgierska Górka. W każdym wybrano i ścięto po 3 drzewa próbne, przeciętne pod względem pierśnicy i wysokości. Przy wyborze drzew zwracano także uwagę na wielkość ich koron. Drzewa podzielono na sekcje dwumetrowej długości, z wyjątkiem pierwszej, której długość wynosiła jeden metr. Ze środków poszczególnych sekcji oraz dodatkowo z miejsca ścięcia i wysokości 1,3 m pobrano krążki w celu przeprowadzenia analiz strzał. Pomiar szerokości słoju rocznych wykonano (z zaokrągleniem do 0,01 mm) elektronicznym przyrostomierzem GP-3 na czterech promieniach, zgodnych z podstawowymi kierunkami geograficznymi. Na podstawie tak zebranego materiału określono cechy dendrometryczne analizowanych drzew w przyjętych latach ich życia, w odstopniowaniu 5-letnim. Szczególnie chodzi o te cechy, od których zależy intensywność przyrostu miąższości, której wartość obliczono zmodyfikowanym wzorem [1]:

$$i = \frac{z_v}{G} \quad [2]$$

Modyfikacja polegała na zastąpieniu powierzchni pierśnicowego przekroju z korą (G_k), pierśnicowym przekrojem bez kory (G).

Po rozwinięciu wzoru [2] i założeniu równości liczby kształtu drzewa na początku (f) i na końcu (F) okresu przyrostowego ($F=f$), intensywność przyrostu miąższości obliczyć można z następującej formuły:

$$i = \frac{F \left[D^2 H - (H - z_h)(D - z_d)^2 \right]}{D^2} \quad [3]$$

w której D oznacza pierśnicę drzewa bez kory na końcu okresu przyrostowego, H jego wysokość na końcu okresu, a z_d i z_h przyrost odpowiednio pierśnicy i wysokości w okresie.

Analizę intensywności przyrostu miąższości wykonano dla 5- i 10-letnich okresów przyrostowych, rozpoczynając ją od dziesiątego roku życia drzew.

Siłę związku pomiędzy intensywnością przyrostu miąższości a cechami drzew, na podstawie których została obliczona (wzór [3]), opisano współczynnikiem korelacji. Analizy statystyczne wykonano programem STATISTICA 6 PL [StatSoft, inc.2004].

Wyniki

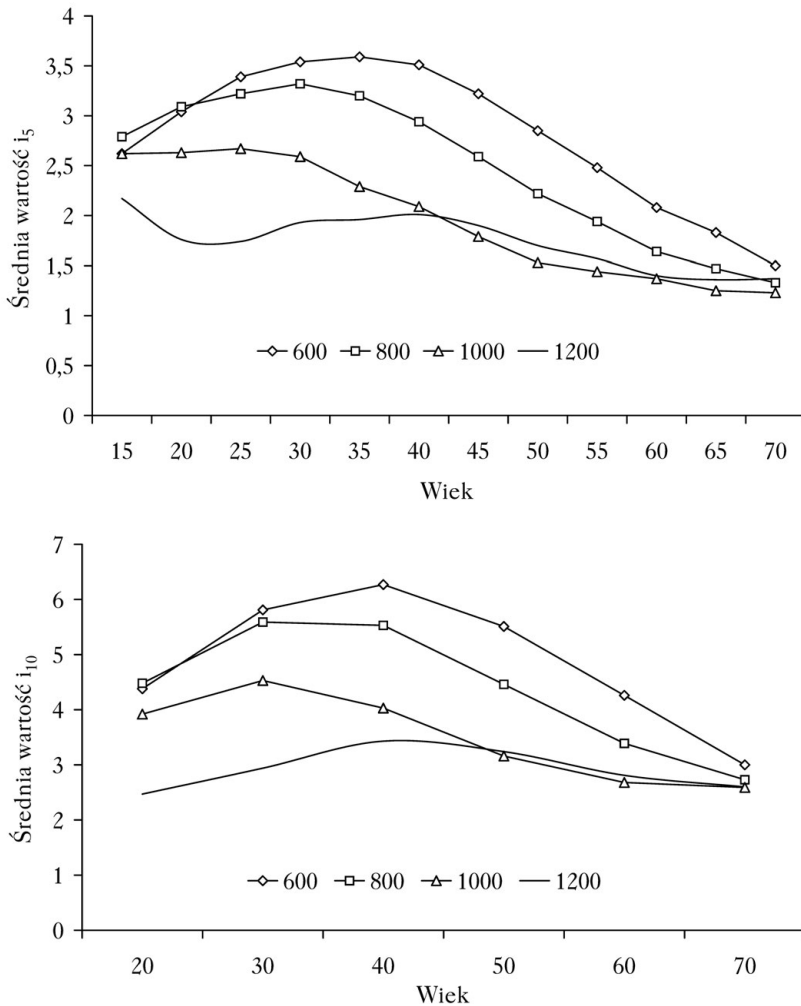
WPLYW WIEKU I WYSOKOŚCI POŁOŻENIA DRZEW NA INTENSYWNOŚĆ PRZYROSTU MIĄŻSZOŚCI. Średnia wartość intensywności przyrostu miąższości już w pierwszym rozpatrywanym okresie (10-15 lat (i_5) oraz 10-20 lat (i_{10})) osiąga stosunkowo duże wartości. W następnych okresach nieznacznie rośnie, po czym ma miejsce powolny jej spadek (ryc. 1). Ta ogólna prawidłowość nie zależy ani od położenia drzew nad poziomem morza, ani też od długości okresu przyrostowego. W przedziale wysokości od 600 do 1000 m n.p.m. okres wzrostu średniej wartości intensywności jest tym dłuższy, im drzewa położone są w niższych partiach gór.

W przypadku większości rozpatrywanych okresów przyrostowych, wykazane różnice w średniej wielkości intensywności przyrostu drzew rosnących na analizowanych wysokościach okazały się istotne statystycznie na poziomie $\alpha=0,05$. Oznacza to, że zwłaszcza w przedziale od 20 do 60 roku życia, przyrost miąższości przypadający na jednostkę powierzchni pierśnicowego przekroju świerków z niższych położen górskich osiąga istotnie większe wartości w porównaniu z rosnącymi w położeniach wyższych.

Od wysokości położenia drzewostanu zależy także wiek i wielkość intensywności przyrostu miąższości drzew w momencie kulminacji. Na ogół im drzewostan położony jest wyżej, tym maksymalna wartość intensywności przyrostu miąższości rosnących w nim świerków osiąga mniejsze wartości. Średnia jej wielkość na wysokości 600 m n.p.m. wynosi bowiem 4,04 (od 3,17 do 4,79) dla okresu 5-letniego oraz 6,65 (od 5,42 do 8,00) dla okresu 10-letniego. Ze wzrostem wzniesienia jej wielkość sukcesywnie maleje. Obliczona dla drzew z wysokości 1200 m n.p.m. wynosi bowiem odpowiednio 2,48 (od 1,79 do 2,98) i 3,86 (od 3,20 do 4,51). Stwierdzone różnice pomiędzy średnimi maksymalnymi wartościami intensywności przyrostu miąższości określonymi dla poszczególnych wysokości (ryc. 2) okazały się, niezależnie od długości okresu przyrostowego, statystycznie istotne na poziomie $\alpha=0,05$.

Kulminację intensywności przyrostu miąższości (i_5) najwcześniej stwierdzono u drzew z wysokości 1000 m n.p.m. Wystąpiła bowiem średnio w wieku 25,8 lat (od 15 do 45 roku). Nieco później, bo średnio w wieku 28,3 lat (od 15 do 50 roku), kulminowała intensywność przyrostu miąższości drzew z 800 m n.p.m. Wyraźnie zaś w późniejszym wieku stwierdzono jej maksymalne wartości u świerków z wysokości 600 (średnio 33,5 lat (od 20 do 55 roku)) oraz 1200 m n.p.m. (średnio 36,1 lat (od 15 do 55 roku)).

Z przeprowadzonych testów wynika, że na poziomie istotności $\alpha=0,05$, kulminacja intensywności przyrostu miąższości świerków rosnących na wysokości 1200 m n.p.m. występuje istotnie później niż u położonych na wysokości 800 i 1000 m. Również istotnie później stwierdzono jej maksymalne wartości u świerków z wysokości 600 m w porównaniu z występującymi na wysokości około 1000 m n.p.m. Wykazane prawidłowości dotyczą również średniego wieku kulminacji i_{10} . Dla poszczególnych wysokości wystąpiła średnio w wieku: 39,1; 35,0; 31,7 oraz 45,6 lat, zaś u poszczególnych drzew pomiędzy 20 a 80 rokiem ich życia.

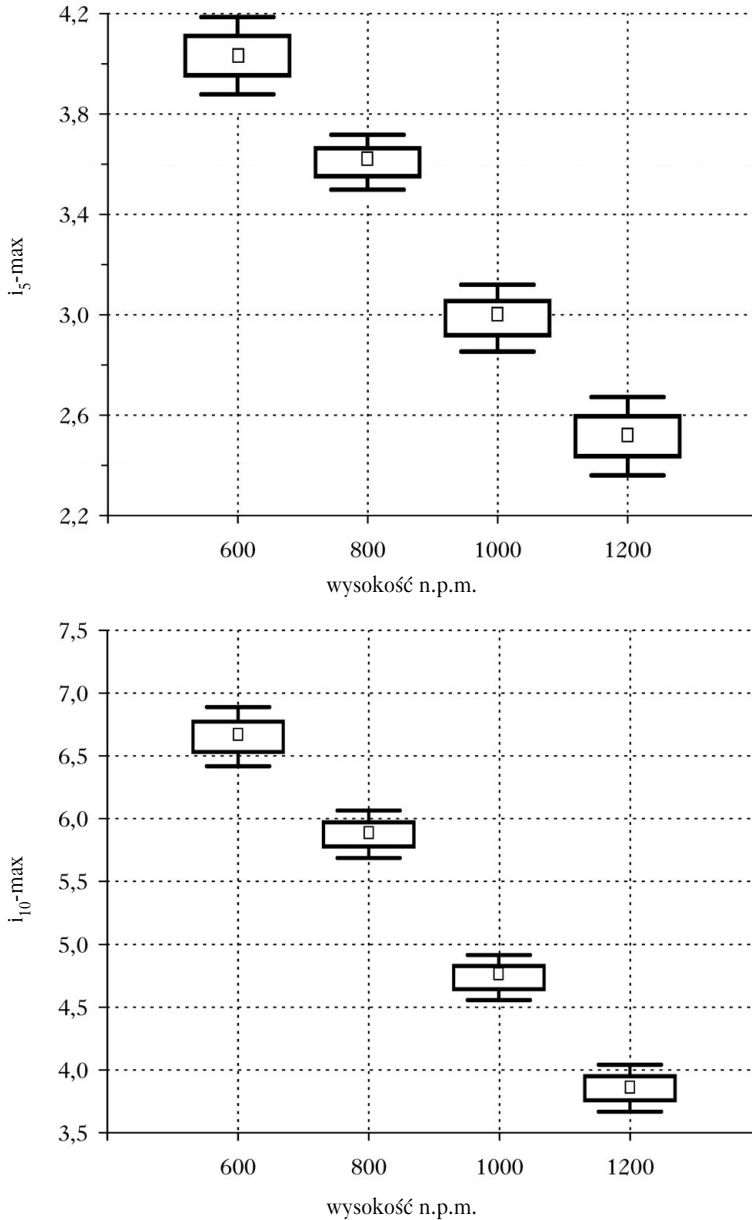


Ryc. 1.

Zmiana z wiekiem średniej intensywności przyrostu miąższności drzew w zależności od wysokości ich położenia nad poziomem morza

Change of the average volume growth rate of trees over time relative to their position above sea level

ZWIĄZEK INTENSYWNOCI PRZYROSTU MIĄZSZNOŚCI Z WYBRANYMI CECHAMI DRZEW. Ujęte we wzorze [3] cechy drzew w różnym stopniu wpływają na wielkość intensywności przyrostu miąższności. Siła tego związku opisana współczynnikiem korelacji zmienia się z wiekiem świerków, a stwierdzone prawidłowości nie zależą od długości okresu przyrostowego. Intensywność przyrostu w większym stopniu zależy od wysokości niż pierśnicy drzew (ryc. 3). W przypadku wysokości największą wartość współczynnika korelacji stwierdzono dla okresu przyrostowego 21-25 lat ($r_{i,h}=0,799$), zaś pierśnicy 16-20 lat ($r_{i,d}=0,537$). Z wiekiem korelacja pomiędzy intensywnością przyrostu i wysokością drzew sukcesywnie maleje, osiągając za ostatni okres przyrostowy wielkość statystycznie nieistotną (przy $\alpha=0,05$), wynoszącą zaledwie 0,070. Do 40 roku wielkość intensywności przyrostu miąższności w większym stopniu zależy od przy-

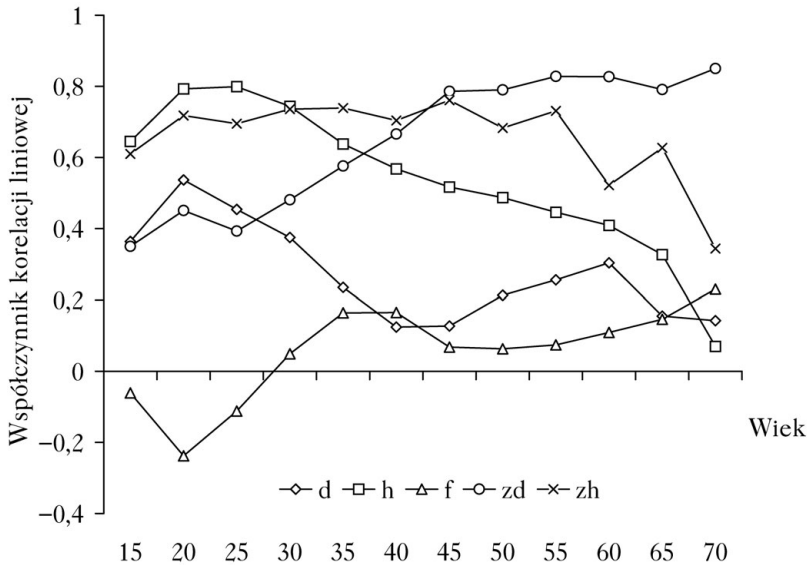


Ryc. 2.

Średnie wartości intensywności przyrostu miąższości w wieku kulminacji w zależności od wysokości położenia drzew nad poziomem morza

Average volume growth rate values at culmination age relative to their position above sea level

rostu wysokości niż przyrostu pierśnicy ($r_{i,zh} > r_{i,zd}$). W późniejszym wieku współczynniki korelacji oceniające siłę związku intensywności przyrostu miąższości z przyrostem pierśnicy ($r_{i,zd}$) są wyraźnie większe od współczynników korelacji pomiędzy intensywnością przyrostu miąższości i przyrostem wysokości ($r_{i,zh}$). Korelacja pomiędzy intensywnością przyrostu



Ryc. 3.

Zmiana z wiekiem współczynnika korelacji liniowej pomiędzy intensywnością przyrostu miąższowości i analizowanymi cechami

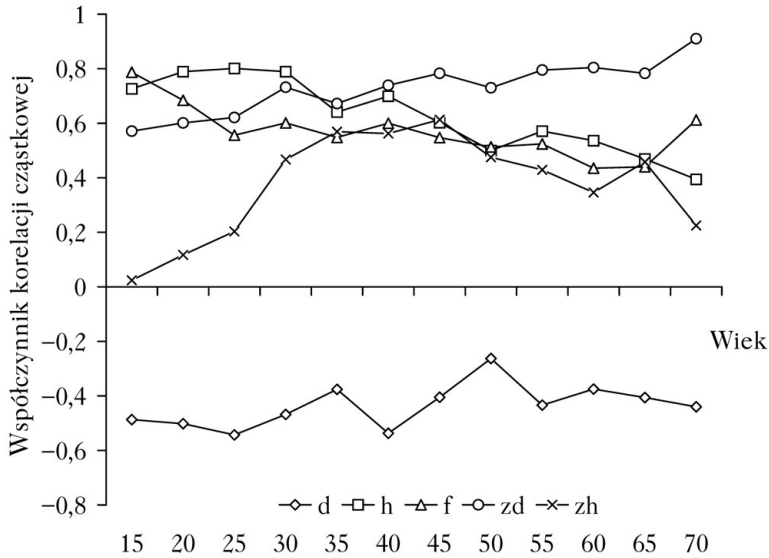
Change of the linear correlation coefficient over time between volume growth rate and analysed properties

miąższowości i przyrostem pierśnicy dla każdego okresu jest istotna statystycznie i na ogół rośnie z wiekiem drzew od wartości 0,350 w wieku 15 lat do 0,850 w wieku 70 lat. W przedziale od 20 do 55 roku korelacja pomiędzy intensywnością przyrostu miąższowości i przyrostem wysokości utrzymuje się na poziomie około 0,700 (od 0,683 do 0,761). Na ogół korelacja pomiędzy intensywnością przyrostu i liczbą kształtu ($r_{i,f}$) osiąga niewielkie, przeważnie nieistotne statystycznie wartości.

Opisany związek pomiędzy intensywnością przyrostu miąższowości i analizowanymi cechami jest „skażony” wzajemną między nimi zależnością. Wyłączenie tych powiązań spowodowało wyraźny wzrost współczynników korelacji cząstkowych pomiędzy intensywnością przyrostu miąższowości i wysokością, pierśnicą, przyrostem pierśnicy oraz liczbą kształtu (ryc. 4). W przypadku pierśnicy współczynnik korelacji cząstkowej nie tylko osiąga większe wartości od współczynnika korelacji liniowej (ryc. 3), ale zmienił się także jego znak (ryc. 4). Wyłączenie wpływu pierśnicy, wysokości, przyrostu pierśnicy i liczby kształtu na przyrost wysokości drzew spowodowało natomiast znaczny spadek wpływu tej cechy na intensywność przyrostu miąższowości.

Łączny wpływ cech, na podstawie których określana jest intensywność przyrostu miąższowości (wzór [3]), wyjaśnia od 81,2% do 91,0% zmienności i_5 oraz od 85,9% do 95,2% zmienności i_{10} . Współczynniki korelacji wielokrotnej wynoszą bowiem dla poszczególnych okresów przyrostowych odpowiednio od 0,901 do 0,954 oraz od 0,927 do 0,976. Na ogół (z wyjątkiem pierwszego i ostatniego okresu przyrostowego) wielkość określonych współczynników nie różni się zasadniczo od łącznego wpływu na intensywność przyrostu miąższowości trzech cech: pierśnicy (d), wysokości (h) i przyrostu pierśnicowego przekroju (z_g) (tab.). Dlatego też stanowiły one podstawę opracowania wzorów na obliczanie intensywności przyrostu miąższowości według funkcji o ogólnej postaci:

$$i = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot h + a_3 \cdot z_g \quad [4]$$



Ryc. 4.

Zmiana z wiekiem współczynnika korelacji cząstkowej oceniającego siłę związku intensywności przyrostu miąższowości z analizowaną cechą przy wyłączonym wpływie cech pozostałych

Change of the partial correlation coefficient over time determining the strength of the relationship between volume growth rate and individual tree properties excluding remaining properties

Tabela.

Współczynniki korelacji wielorakiej intensywności przyrostu miąższowości, wielkość wariancji wyjaśnionej oraz wartości współczynników równania [4] i dokładność opracowanych wzorów

Multiple correlation coefficients of volume growth rate, explained variation value and equation [4] coefficient values, as well as the accuracy of the developed equations

okres przyrostowy	R	100R ²	R ₁	100R ₁ ²	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	V _i	błąd stand. reszt
11-20	0,9702	94,12	0,9243	85,43	1,7737	-0,3018	0,4707	147,12	8,63	0,3615
21-30	0,9756	95,17	0,9545	91,11	2,1951	-0,3481	0,4110	213,49	7,17	0,3688
31-40	0,9605	92,25	0,9339	87,22	3,7443	-0,3524	0,2868	249,14	9,11	0,4642
41-50	0,9478	89,84	0,9374	87,88	3,9045	-0,2825	0,1643	278,67	11,18	0,4732
51-60	0,9311	86,70	0,9111	83,01	3,5548	-0,2192	0,1075	255,07	13,42	0,4365
61-70	0,9266	85,86	0,8692	75,55	3,9840	-0,1961	0,0751	223,43	13,97	0,3886

$R=R_{1,d,h,zd,zh,f,\dots}$ - współczynnik korelacji wielokrotnej oceniający siłę łącznego wpływu na intensywność przyrostu miąższowości: pierśnicy (d), wysokości (h), przyrostu pierśnicy (z_d), przyrostu wysokości (z_h) i liczby kształtu; $R_1=R_{1,d,h,zg,\dots}$ - współczynnik korelacji wielokrotnej oceniający siłę łącznego wpływu na intensywność przyrostu miąższowości: pierśnicy (d), wysokości (h) i przyrostu powierzchni pierśnicowego przekroju (z_g); $V_i \dots$ współczynnik zmienności intensywności przyrostu miąższowości przy wyłączonym wpływie pierśnicy (d), wysokości (h) i przyrostu powierzchni pierśnicowego przekroju (z_g)

$R=R_{1,d,h,zd,zh,f,\dots}$ - multiple correlation coefficient determining the strength of an overall impact of: dbh (d), height (h), dbh growth (z_d), height growth (z_h) and form factor; $R_1=R_{1,d,h,zg,\dots}$ - multiple correlation coefficient determining the strength of an overall impact of: dbh (d), height (h) and basal area growth (z_g); $V_i \dots$ variability coefficient of volume growth rate excluding an impact of dbh (d), height (h) and basal area growth (z_g)

Cechy użyte we wzorze [4] wyjaśniają, z wyjątkiem ostatniego okresu przyrostowego, od 83,0% do 91,1% zmienności intensywności przyrostu miąższowości i_{10} . Z przeprowadzonych analiz wynika, że z zestawu trzech cech, możliwych do utworzenia z elementów uwzględnionych we wzorze [3], przyjęte w formule [4] wyjaśniają istotnie większy zakres zmienności intensywności przyrostu miąższowości. Średni błąd jej określenia opracowanymi wzorami wynosi od 7,17% do 13,97% (tab.).

Dyskusja

Intensywność przyrostu miąższości zdefiniowana przez Borowskiego [1954] jako iloraz bieżącego okresowego przyrostu miąższości drzewa do jego pierśnicowego przekroju, określonego z korą na końcu okresu, spełniając rolę miernika dynamiki przyrostu drzew, może stanowić obiektywną miarę przyrostowych reakcji drzew na czynniki zewnętrzne. Silna zależność intensywności przyrostu miąższości od stanowiska socjalnego drzew sprawia, że porównywanie energii przyrostu powinno dotyczyć drzew zaliczonych do tej samej klasy Krafta [Borowski 1974]. Potwierdzają to w pełni badania wykonane przez Lemkego [1984] w dwóch drzewostanach sosnowych (35- i 50-letni). Największą intensywność przyrostu wykazywały drzewa górujące, a średnia jej wielkość malała, w poszczególnych okresach przyrostowych, proporcjonalnie do zajmowanego przez drzewa stanowiska socjalnego. Przeprowadzone badania dotyczą drzew zajmujących w poszczególnych drzewostanach tę samą klasę socjalną. Z tego też względu uzyskane rezultaty mogą być porównywane, bo są wolne od ewentualnego wpływu na ich wielkość przynależności drzew do różnych klas Krafta. Największą wartość intensywności przyrostu osiąga u świerków z najniższych partii gór. Jej spadek z wysokością położenia drzew wynika z pogarszających się warunków wzrostu spowodowanych głównie czynnikami klimatycznymi. We wcześniejszych badaniach, prowadzonych w górskich drzewostanach świerkowych, wykazano modyfikujący wpływ wzniesienia zarówno na wielkość cech dendrometrycznych osiąganych przez drzewa [Orzeł 1993], ich kształt [Orzeł, Socha 1999], ale przede wszystkim na produktywność drzewostanów [Grabczyński 1998; Orzeł 1993; Orzeł i in. 1999]. Wykazany spadek intensywności przyrostu drzew wzrastających w wyższych partiach gór w pełni potwierdza spostrzeżenia Borowskiego [1974] dotyczące wpływu warunków siedliskowych na wielkość tej cechy. Również rezultaty dotyczące wieku kulminacji intensywności przyrostu nie odbiegają od uzyskanych przez Borowskiego [1974] w zagospodarowanych drzewostanach świerkowych. Kulminacja intensywności przyrostu określonego w 10-letnim odstopniowaniu (i_{10}) wystąpiła bowiem u poszczególnych drzew pomiędzy 20 a 80 rokiem życia. Istotny wpływ wieku oraz położenia drzew nad poziomem morza na wartość intensywności przyrostu miąższości wskazuje na konieczność uwzględnienia tych elementów w opracowaniach modelowych. Najpełniej zmienność intensywności przyrostu wyjaśnia model uwzględniający pięć cech (wzór [3]): pierśnicę (d), wysokość (h), przyrost pierśnicy (z_d), przyrost wysokości (z_h) i pierśnicową liczbę kształtu (f). Na ogół zbliżonych rezultatów można oczekiwać określając intensywność jako funkcję trzech elementów: pierśnicy (d), wysokości (h) i przyrostu pierśnicowego przekroju (z_g). Opracowane na ich podstawie wzory wyjaśniają przeważnie ponad 83% zmienności intensywności przyrostu, a błąd określenia jej średniej wartości wynosi dla poszczególnych okresów przyrostowych od 7,17% do 13,97%. Większej dokładności oszacowania intensywności przyrostu można oczekiwać opracowując równania dla poszczególnych przedziałów wysokości położenia drzew nad poziomem morza oraz po uwzględnieniu dodatkowych cech, np. wielkości korony [Dudek 1969], czy też jakości siedliska [Borowski 1961a].

Wnioski

- ✦ Intensywność przyrostu miąższości świerka istotnie zależy od wysokości położenia i wieku drzew. Położenie drzew jest także czynnikiem modyfikującym moment wystąpienia kulminacji intensywności przyrostu miąższości.
- ✦ W młodym wieku intensywność przyrostu miąższości w największym stopniu zależy od wysokości i jej przyrostu. Siła tego związku z wiekiem słabnie, rośnie natomiast wpływ przyrostu pierśnicy.

- ✦ Z zestawu trzech cech największy zakres zmienności intensywności przyrostu miąższości wyjaśnia łączny wpływ pierśnicy, wysokości i przyrostu powierzchni pierśnicowego przekroju. Wybór drzew próbnych na podstawie tych cech może istotnie wpłynąć na zwiększenia dokładności określania przyrostu miąższości.
- ✦ Znacznego zwiększenia dokładności oszacowania średniej wartości intensywności przyrostu miąższości drzew z terenów górskich można oczekiwać po uwzględnieniu w opracowaniach modelowych wysokości ich położenia nad poziomem morze. Wymaga to jednak przeprowadzenia dalszych gruntownych analiz.

Literatura

- Borowski M. 1954. Nowa metoda oznaczania bieżącego przyrostu miąższości drzewostanu. Sylwan 4: 257-277.
- Borowski M. 1961a. Intensywność przyrostu miąższości sosny. Folia Forestalia Polonica, seria A, z. 7: 5-86.
- Borowski M. 1961b. Intensywność przyrostu miąższości sosny. Zależność intensywności przyrostu od niektórych cech drzewa i drzewostanu. Sylwan 4: 69-70.
- Borowski M. 1971. Tablice przyrostu miąższości strzał sosny starszych klas wieku. Folia Forestalia Polonica. Seria A. 17: 5-83.
- Borowski M. 1974. Przyrost drzew i drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Borowski M., Rekosz B. 1974. Ocena dokładności tablic przyrostu miąższości dla drzewostanów sosnowych. Sylwan 2: 21-29.
- Bruchwald A., Michalak K. 1984. Ocena dokładności tablic przyrostu miąższości Mikołaja Borowskiego dla drzewostanów sosnowych lasów Rogowa. Sylwan 1: 35-42.
- Dudek A. 1969. Zależność intensywności przyrostu miąższości i przyrostu pierśnicy od wielkości korony. Folia Forestalia Polonica. Seria A. 15: 149-169.
- Dudek A. 1994. Tablice przyrostu miąższości dla sosny. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Dudek A. 2000. Geograficzna zmienność intensywności przyrostu miąższości. W: Przestrzenne zróżnicowanie wzrostu sosny. Wyd. SGGW, Warszawa. s. 104-109.
- Dudzińska M., Wirowski M. 1995. Zmienność i zależność intensywności przyrostu miąższości od różnych cech drzewa w drzewostanie świerkowym. Sylwan 1: 79-85.
- Grabezyński S. 1998. Przyrost pierśnicy drzew w sześćdziesięcioletnich drzewostanach świerkowych Beskidów Zachodnich. Sylwan 8: 13-17.
- Lemke J. 1974. Dokładność tablic przyrostu miąższości strzał Borowskiego dla drzewostanu sosnowego V klasy wieku. PTPN, t. XXXVIII, 173-181.
- Lemke J. 1984. Retrospektywna ocena intensywności przyrostu miąższości drzew w drzewostanach sosnowych II i III klas wieku. PTPN, t. LVIII, 53-63.
- Ochał W. 2000. Struktura i dynamika przyrostu grubości drzew w drzewostanach świerkowych masywu Skrzyczne. Sylwan 1: 75-85.
- Orzeł S. 1993. Ocena dynamiki przyrostu grubości górskich drzewostanów świerkowych na przykładzie wybranych obiektów w lasach Beskidu Śląskiego i Żywieckiego. Acta. Agr. et Silv., s. Silv., vol. XXXI: 3-15.
- Orzeł S., Forgiel M. 2004. Biometric characterisation of selected seed stands of *Picea abies* (L.) Karst. of Istebna. Dendrobiology, vol. 51, Supplement 81-86.
- Orzeł S., Socha J. 1999. Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach świerkowych Beskidów Zachodnich. Sylwan 4: 35-43.
- Orzeł S., Socha J., Ochał W. 1999. Produkcyjność górskich drzewostanów świerkowych średnich klas wieku w zależności od wysokości ich położenia nad poziomem morza. Sylwan 5: 37-45
- Socha J. 1998. Zależność bonitacji drzewostanów świerkowych od wysokości położenia nad poziomem morza. Sylwan 9: 25-32
- StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.

SUMMARY

The rate of volume growth in the Beskid Zachodni spruce

The notion of volume growth rate defined by Borowski as the ratio of volume increment to basal area constitutes a measure of the rate of tree volume growth at the end of the growth period under study. The results of the research on its variability and relationships with different

tree properties in pine stands were the methodological basis for determining a stand volume based on sample trees and for developing volume tables for pine.

The need to supplement the knowledge of shaping of this property in mountain forests led the authors of this work to initiate studies aimed at the determination of the extent and change of spruce volume growth rate over time relative to the position of stands above sea level, as well as the correlation between volume growth rate and dbh, height, diameter increment, height increment and form factor.

The research material included the results of a full analysis of 171 spruce stems, selected from among 57 stands, mainly of age class III and IV, situated in Beskidy Zachodnie at altitudes of 600-1,200 m a.s.l. Three trees from each stand were selected for analysis which represented average dbh and height values and, therefore, having the same social status in the stand. In this way, the impact of a biosocial position on the value of tree volume growth rate was eliminated.

The volume growth rate depends on the age class of trees and their position above sea level. For most of the growth periods, the indicated differences in average growth rate for the trees growing at the analysed altitudes (Fig. 1) appeared to be statistically significant at the level of $\alpha=0.05$. The position above sea level of a stand also determines its age and volume growth rate at culminations (Fig. 2).

Tree properties in Equation 3 have a different impact on the rate of volume growth (Fig. 3). Exclusion of the interactions between them significantly affected the strength of the relationship between the volume growth rate and the individual tree properties (Fig. 4). The tree properties used for the determination of volume growth rate explain 85.9-0.976% of its variability, as the multiple correlation coefficients amount to 0.927-0.976. Except for the first and last growth period, they do not differ significantly from the overall impact on the growth rate of dbh, height and basal area (Table). The average values for growth rates determined for individual growth periods on the basis of the above mentioned properties (Equation 4) have error tolerance of 7.17-13.97%